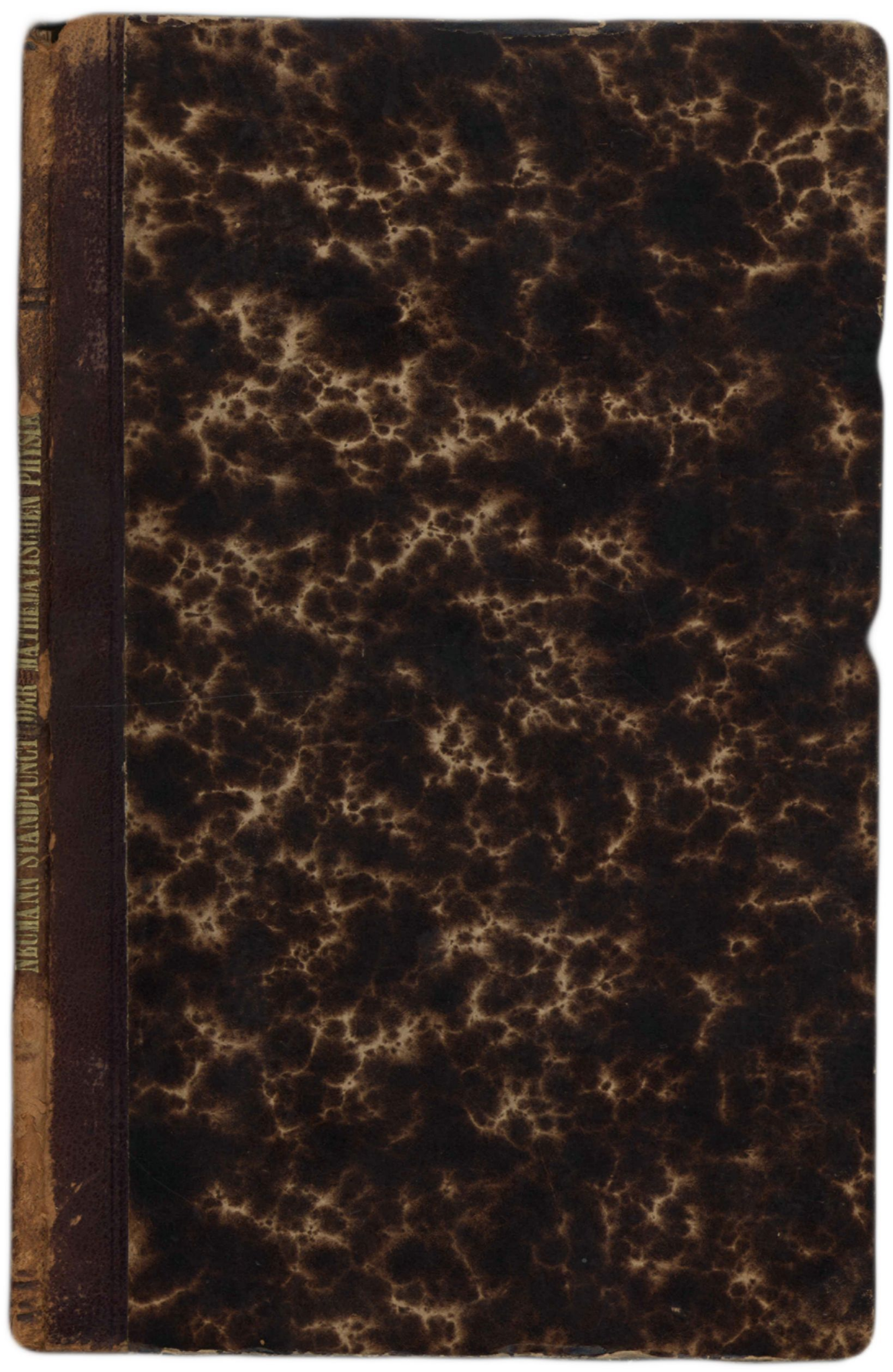
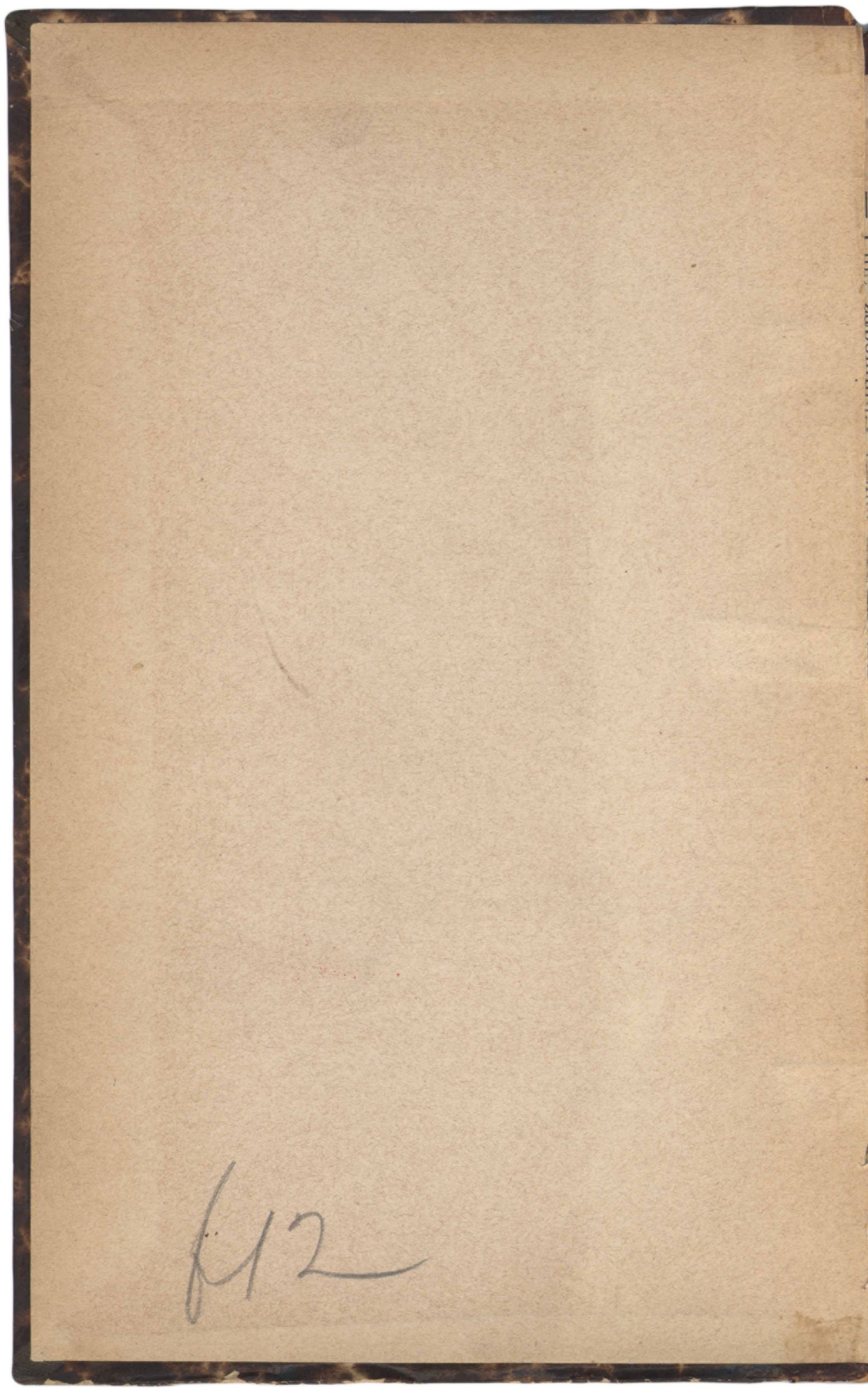


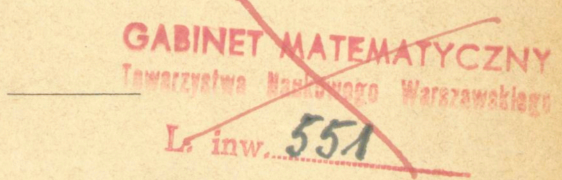


DER

GEGENWÄRTIGE STANDPUNCT

DER

MATHEMATISCHEN PHYSIK.



AKADEMISCHE ANTRITTSREDE

GEHALTEN

IN DER AULA DER UNIVERSITÄT TÜBINGEN

AM 9. NOVEMBER 1865

VON

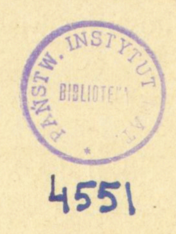
CARL NEUMANN,

DOCTOR DER PHILOSOPHIE UND NATURWISSENSCHAFT, ORDENTLICHER PROFESSOR DER MATHEMATIK ZU TÜBINGEN, CORRESPONDENT DER GÖTTINGER SOCIETÄT DER WISSENSCHAFTEN.

TÜBINGEN, 1865.

VERLAG DER H. LAUPP'SCHEN BUCHHANDLUNG.

— LAUPP & SIEBECK. —

Druck von H. Laupp.



Hochverehrte Versammlung!

Nicht selten hören wir in unserer Zeit die Meinung aussprechen, dass die Naturwissenschaft mit rapider Schnelligkeit vorwärts schreitet.

Begründet mag eine solche Ansicht allerdings sein, wenn man die Quantität ins Auge fasst, wenn man die Anzahl der Naturerscheinungen in Rechnung bringt, welche Jahr für Jahr neu entdeckt und der Wissenschaft einverleibt werden. — Wenn man aber irgend einen Theil der Wissenschaft mit ruhigem Nachdenken durchmustert, und weniger die Quantität als die Qualität, weniger die Anzahl der dahin gehörigen Erscheinungen, als unsere Einsicht in diese Erscheinungen ins Auge fasst,



so wird jene Vorstellung von einem rapiden Fortschreiten wohl bald als eine sehr irrige erscheinen.

Langsam und mühsamen Schrittes schreitet unsere Einsicht in das innere Wesen der Naturerscheinungen vorwärts. Und glaubt man endlich mit einem gewissen Gebiet von Erscheinungen abgeschlossen zu haben, die Vorgänge, welche diesen Erscheinungen zu Grunde liegen, völlig klar zu übersehen, dieselben in ein einheitliches System zusammengefasst zu haben; dann treten wohl plötzlich neue Erscheinungen zu Tage, welche das mühsam aufgeführte Gebäude über den Haufen werfen. Ein anderes System macht sich geltend, tritt vielleicht glänzend hervor, eine Zeit lang mit allen Erscheinungen in vollem Einklang, bis auch dieses sein Ende erreicht, bei genauerem Studium der Naturerscheinungen als unhaltbar zusammensinkt, und wiederum einem andern Systeme Platz machen muss.

Ein solcher fortwährender Wechsel in unsern theoretischen Vorstellungen tritt vielleicht in keinem Zweige der Naturwissenschaft so stark hervor, als

in demjenigen, welchen wir mit dem Namen Physik zu bezeichnen gewohnt sind.

Es ist hier nicht meine Absicht, diesen Wechsel, wie er bald in sanften Uebergängen, bald in plötzlichen Umschlägen sich kund thut, Schritt für Schritt zu verfolgen. Ich werde mich vielmehr begnügen, ein ungefähres Bild von demjenigen Zustande zu entwerfen, in welchem sich die physikalishe Wissenschaft heutzutage befindet. Und auch hiebei werde ich mich beschränken auf zwei Hauptgebiete dieser Wissenschaft, auf das Gebiet der Licht- und Wärme-Erscheinungen einerseits, und andererseits auf dasjenige Gebiet, welches von der Elektricität und dem Magnetismus handelt.

Die Theorie des Lichtes geht von der Annahme einer sehr feinen Materie aus, welche aus lauter äusserst kleinen Kügelchen besteht, und überall hin verbreitet ist. Es ist das diejenige Materie, welche wir mit dem Namen Aether zu bezeichnen gewohnt

sind. Wir werden uns*) von dem Aether eine richtige Vorstellung machen, wenn wir denselben als einen der gewöhnlichen Luft ähnlichen Stoff ansehen, nur mit dem Unterschiede, dass der Aether ungemein viel feiner ist als die Luft. Während sich ausserdem die Luft nur in der Nähe unserer Erdkugel vorfindet, ist der Aether durch alle Himmelsräume hindurch ausgebreitet.

Alle Körper, die auf und in unserer Erde sich befinden, sind mehr oder weniger poröse. Andererseits ist jene Aether-Materie von solcher Feinheit, dass sie durch die Poren aller Körper hindurchgeht, folglich in das Innere derselben hineindringt. Und es sind daher alle in der Welt vorhandenen Räume, mögen sie nun von luftförmigen oder flüssigen oder festen Körpern erfüllt sein, gleichzeitig auch von jener feinen Aether-Materie durchdrungen.

Wir unterscheiden also zweierlei Arten von Materie: eine äusserst feine, von welcher der ganze

---

*) Wie schon Euler sich ausdrückte.

Weltraum erfüllt ist, und andererseits eine gröbere, aus welcher alle Körper zusammengesetzt sind, die wir mit unsern Sinnen wahrnehmen können. Wenn wir die erstere mit dem Namen: Aether-Materie bezeichnen, so nennen wir ihr gegenüber die andere: die ponderable Materie.

Denken wir uns eine Inselgruppe inmitten des offenen Meeres, und denken wir uns ferner im Meer eine Welle erregt, welche gegen die Inselgruppe hineilt, zwischen den Inseln sich hindurchzwängt, und sodann auf der andern Seite ihren Weg in das offene Meer weiter fortsetzt; so haben wir ein ungefähres Bild von denjenigen Vorstellungen, die man sich heutzutage über das Wesen gewisser Lichterscheinungen macht.

Das Meer repräsentirt den Aether, jene Inselgruppe stellt irgend einen durchsichtigen Körper vor, und die einzelnen Inseln sind die ponderablen Theilchen, aus welchen der Körper zusammengesetzt ist. Die Meereswelle endlich ist das Bild einer Lichtwelle, welche von Aussen her auf den durchsichtigen Kör-

per fällt, denselben durchdringt und dann weiterzieht.

Ebenso wie sich die Meereswelle durch jene Inselgruppe nicht durcharbeiten kann, ohne dabei in ihrer ganzen Gestalt, vielleicht auch in ihrer Geschwindigkeit beträchtliche Veränderungen zu erleiden; ebenso wird auch die Lichtwelle von anderer Beschaffenheit sein, wenn sie den durchsichtigen Körper erreicht, von anderer, so bald sie denselben verlässt. Und diese Abänderungen, welche sie bei ihrem Durchgange erleidet, werden offenbar verschieden sein je nach der Gruppirung jener Inseln. Mit andern Worten: Sie werden wesentlich abhängig sein von der inneren Structur des durchsichtigen Körpers.

Will man also die Aenderungen erklären, welche das Licht bei Durchlaufung eines durchsichtigen Körpers erleidet, so bedarf es dazu einer näheren Kenntniss über seine innere Structur. Hierüber ist uns nur Weniges bekannt, nur Dasjenige, was unmittelbar durch die äussere Form des Körpers, durch

seine Krystallgestalt, seine Blätterdurchgänge, seine Spaltbarkeit u. s. w. zu Tage tritt. Trotzdem sind diese wenigen Data im Allgemeinen bereits genügend, um von ihnen aus zur Erklärung jener Lichterscheinungen zu gelangen.

Ueberhaupt wird die Theorie des Lichtes in ihren Hauptumrissen wohl als ziemlich festgestellt zu betrachten sein. Sie wird wahrscheinlich von plötzlichen Revolutionen verschont bleiben, in langsamer Stufenfolge zu grösserer Vollkommenheit fortschreiten, und allmählig Dasjenige verlieren, was in ihr noch dunkel oder widerspruchsvoll erscheint.

An die Erscheinungen des Lichtes schliessen sich diejenigen der Wärme an. Man hat lange Zeit die Wirkungen der Wärme einem eigenthümlichen Stoff zugeschrieben, dem sogenannten Caloricum. Ebenso wie ein trockener Körper feucht werden kann durch Aufnahme von Wasser, ebenso sollte nach jener Vorstellung ein kalter Körper warm werden können durch Aufnahme von Caloricum.

Eine solche Annahme über das Wesen der Wärme

war aber unhaltbar. Wir wissen ja, dass zwei kalte Körper erwärmt, erhitzt werden können durch gegenseitige Reibung. Wäre also die Wärme ein besonderer Stoff, so müsste derselbe durch Reibung geschaffen, durch Reibung erzeugt werden können. Eine Annahme solcher Art würde aber in Widerspruch stehen mit unsern allgemeinen Vorstellungen über das Wesen eines Stoffes. Die Gestalt, die Form, der Zustand eines Stoffes können sich ändern, seine Quantität ist jederzeit unveränderlich. Ein Stoff kann also weder vernichtet, noch auch neu erzeugt werden.

Die Ansicht, nach welcher die Wärme ein Stoff sein sollte, musste also fallen. An ihre Stelle trat die heutzutage herrschende Vorstellung, nach welcher die in einem Körper enthaltene Wärme in einer Bewegung seiner Bestandtheile ihren Grund hat. Welcher Art diese innere Bewegung ist, ob sich dieselbe auf die ponderablen Theilchen des Körpers beschränkt, oder ob gleichzeitig auch die in dem Körper enthaltenen Aether-Theilchen daran theil-

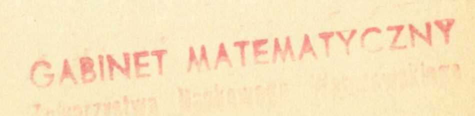
nehmen; das sind Fragen, die sich gegenwärtig noch nicht beantworten lassen. Die herrschende Ansicht ist im Allgemeinen etwa folgende*):

Jeder Körper befindet sich, auch wenn er in der vollkommensten Ruhe zu sein scheint, in der lebhaftesten innern Bewegung. Und diese Bewegung des Körpers theilt sich auch dem umgebenden Aether mit, so dass der ganze Weltraum fortwährend in den verschiedensten Richtungen von wellenförmigen Schwingungen durchzogen wird. All diese Bewegungen zusammengenommen bilden den Inbegriff dessen, was wir Wärme nennen.

Die Grundvorstellungen, auf welchen die gegenwärtige Theorie des Lichtes und der Wärme beruht, sind hiemit angegeben. Bevor wir uns an eine Beurtheilung dieser Vorstellungen wagen, mag es mir gestattet sein, einige allgemeine Bemerkungen über das Wesen und die Aufgabe der physikalischen Wissenschaft voranzuschicken.

---

*) Vgl. Clausius: Ueber das Wesen der Wärme. Zürich 1857.



Man wird gewöhnlich sagen, der Physiker habe die Aufgabe, die Naturerscheinungen zu *erklären*. Doch bedarf dieser Ausspruch — so einfach und selbstverständlich derselbe auf den ersten Blick auch erscheinen mag — doch wohl noch einer nähern Erörterung.

Nehmen wir z. B. eine möglichst einfache Natur-Erscheinung, betrachten wir die Bewegung eines Steines, welcher in beliebiger Richtung in die Höhe geschleudert ist, und nun eine Zeit lang emporsteigt, dann zu sinken beginnt, tiefer und tiefer sinkt, bis er schliesslich die Erde wieder erreicht. Wie erklärt man die bei dieser Erscheinung beobachteten Umstände? Wie erklärt man z. B., dass die von einem solchen Stein beschriebene Curve eine Parabel ist?

Wenn wir die Erklärung, welche der Physiker hierfür giebt, genau analysiren, so finden wir, dass dieselbe auf zwei Vorstellungen beruht, nämlich erstens auf der Vorstellung von der *Trägheit* aller Körper, und zweitens auf der Vorstellung von der *Anziehung* der Erde.

Wäre die Anziehungskraft der Erde nicht vorhanden, würde der empor geschleuderte Stein also nur von seiner Trägheit beherrscht, so würde er die Richtung, in welcher er zu Anfang emporgeschleudert wurde, ins Unendliche hin behalten; er würde also dann eine geradlinige Bahn verfolgen, und in dieser Bahn mit constanter Geschwindigkeit fortgehen.

Wäre andererseits die Trägheit der Materie nicht vorhanden, würde der Stein also nur von der Anziehungskraft der Erde beherrscht, so würde der Stoss, durch welchen er zu Anfang emporgeschleudert wurde, auf seine Bewegung ohne allen Einfluss bleiben. Nach dem Aufhören jenes Stosses würde auch sofort jede Wirkung desselben erloschen sein; der Stein würde sich daher, sobald der Stoss aufgehört hat, einen Augenblick in vollständiger Ruhe befinden, und sodann, weil die Anziehung der Erde auf ihn einwirkt, auf kürzestem Wege zur Erde hinbewegen.

Nun sind aber — wird der Physiker fortfahren — beide Ursachen vorhanden. Die Trägheit ist

vorhanden, und gleichzeitig auch die *Anziehung* der Erde. In Folge des Zusammenwirkens *beider* Ursachen entsteht diejenige Bewegung, bei welcher der Stein eine parabolisch gekrümmte Bahn durchläuft.

Wie erklären sich nun aber — werden wir weiter fragen — jene beiden hier ins Spiel kommenden Ursachen? Woher kommt es, dass die Körper *träge* sind? Und woher kommt es, dass die Körper von der Erde *angezogen* werden? — Auf diese Fragen giebt die physikalische Wissenschaft keine Antwort. Die Trägheit der Körper und die anziehende Wirkung der Erde sind bei ihr *Grundvorstellungen*, — sind bei ihr Dinge, die nicht weiter erklärbar, die völlig unbegreiflich sind.

Also die Sache, welche ursprünglich zur Erklärung vorgelegt war, die Bewegung des empor geschleuderten Steines wird zurückgeführt auf die Existenz zweier andern Dinge, auf die Trägheit und auf die Erd-Anziehung; und diese beiden andern Dinge bleiben *unerklärt!* Scheint es doch, als wenn

dadurch wenig Vortheil erwüchse! Welchen Nutzen hat es denn, wenn wir nun an Stelle der zu erklärenden Sache selber, zwei andere Sachen haben, die ebenfalls der Erklärung bedürftig sind!

Wir haben hier einen Umstand übersehen. Wir können den Stein mit beliebiger Geschwindigkeit und in beliebiger Richtung emporwerfen. Geben wir ihm eine etwas andere Geschwindigkeit oder eine etwas andere Richtung, so erhalten wir auch jedesmal eine etwas andere Art seiner Bewegung, eine etwas andere Curve für die von ihm durchlaufene Bahn.

Wir haben es hier also nicht mit einer einzigen Erscheinung, sondern mit unendlich vielen Erscheinungen zu thun. All diese unendlich vielen Erscheinungen lassen sich zurückführen auf die beiden vorhin angegebenen Grundvorstellungen. Und es wird also durch jene Zurückführung die Anzahl der unerklärbaren Dinge vermindert, sehr erheblich vermindert. Denn an Stelle jener unendlich vielen Erscheinungen, um deren Erklärung es

sich handelt, haben wir jetzt nur *zwei* unerklärbare Dinge, die Trägheit der Materie, und die Anziehungskraft der Erde.

Aehnliches würde sich sagen lassen von der Newton'schen Theorie der Planetenbewegung. Newton hat, wenn wir uns strenge ausdrücken wollen, die Bewegungen der Planeten *keineswegs* erklärt. Newton hat aber durch seine Theorie die ganze Mannigfaltigkeit von Erscheinungen, welche in der Bewegung der Planeten sich darbietet, zurückgeführt auf nur *zwei* unerklärt bleibende Dinge, nämlich zurückgeführt auf die *Trägheit* der Planeten und auf eine zwischen ihnen und der Sonne stattfindende *Anziehung*.

Was wir hier bei diesen Beispielen sehen, dasselbe wiederholt sich in jedem einzelnen Theil der physikalischen Wissenschaft.

Wenn wir also vorhin sagten, der Physiker habe die Aufgabe, die Erscheinungen, welche wir in der Natur wahrnehmen, *zu erklären*, so werden wir uns jetzt in dieser Beziehung genauer ausdrücken

können, indem wir sagen: er hat die Aufgabe, alle Erscheinungen, die in der Natur vor sich gehen, auf möglichst wenige Grundvorstellungen, d. i. auf möglichst wenige unbegreiflich bleibende Dinge zurückzuführen.

Je grösser die Anzahl von Erscheinungen ist, welche von einer physikalischen Theorie umfasst werden, und je kleiner gleichzeitig die Anzahl der unerklärbaren Dinge ist, auf welche jene Erscheinungen zurückgeführt werden, um so vollkommener wird die Theorie zu nennen sein.

Wenn wir nun von hier aus zurückblicken auf die vorhin entwickelten Vorstellungen über das Wesen des Lichtes und der Wärme, so tritt uns eine bewundernswerthe Einfachheit entgegen.

Abgesehen von den ponderablen Körpern, die wir unmittelbar durch unsere Sinne wahrnehmen können, bestehen diese Vorstellungen nur in der Annahme einer überallhin verbreiteten feinen Aether-Materie, und in der Annahme von Kräften, denen die kleinsten Theilchen der Aether-Materie ebenso-

wohl als auch die der ponderablen Materie gehorchen.

Alle Erscheinungen des Lichtes und der Wärme sollen also erklärt werden durch jene beiden Materien, sollen zurückgeführt werden auf die allgemeinen Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung, denen diese beiden Materien unterworfen sind.

Gewiss ist das eine vielumfassende Aufgabe, ein in weiter Ferne liegendes Ziel, wo jeder Schritt näher von Schwierigkeiten und Hindernissen aller Art begleitet ist. Aber es ist auch ein Ziel, welches der grössten Anstrengungen werth ist; und es ist dasjenige, dem die Arbeiten der Physiker sowohl als auch der Mathematiker in diesem Gebiet der Wissenschaft zuzustreben scheinen.

Ein ganz anderes Bild bietet sich unseren Blicken dar, wenn wir von dem bis jetzt betrachteten Gebiet der physikalischen Wissenschaft zu demjenigen übergehen, welches die Erscheinungen der Elektricität und des Magnetismus zum Gegenstande hat.

Während in jenem Gebiet die Grundvorstellungen äusserst einfacher Natur waren, sind sie in diesem von sehr verwickelter Art. — Wenn in jenem die Grundvorstellungen als ziemlich feststehend betrachtet werden können, haben sie in diesem wenig Aussicht auf eine lange Dauer. — Während in jenem Gebiet die Haupt-Aufgabe der Wissenschaft darin besteht, von den bereits gewonnenen Principien aus die Erscheinungen zu erklären, handelt es sich in diesem um die Principien selber.

Die heutige Theorie der Elektricität und des Magnetismus geht von der Vorstellung zweier Materien aus, welche direct nicht wahrnehmbar, weder fühlbar, noch wägbar sind, welche sich allein durch ihre Wirkungen kund geben. Beide Materien sind äusserst fein, und können in das Innere der meisten Körper hineindringen. In einigen Körpern (wie z. B. in den Metallen) können sie sich sogar mit grosser Leichtigkeit hin und her bewegen. Man stellt sich diese Materien gewöhnlich als Flüs-

sigkeiten vor, und nennt sie demgemäss die elektrischen Flüssigkeiten oder die elektrischen Fluida.

Die Eigenschaften der einen Flüssigkeit sind denen der andern direct entgegengesetzt. Wo z. B. das eine Fluidum eine anziehende Kraft ausübt, da würde die Wirkung des andern eine abstossende sein. Desshalb nennt man das eine das positive, das andere das negative Fluidum.

Die Art und Weise, wie irgend ein Körper nach Aussen hin reagirt, überhaupt der ganze Charakter eines Körpers ist wesentlich abhängig von den elektrischen Flüssigkeiten, die in ihm enthalten sind. Das Verhalten des Körpers ist ein anderes, je nachdem diese beiden Flüssigkeiten in gleichen oder ungleichen Quantitäten darin vorhanden sind; und ebenso ist das Verhalten des Körpers auch ein anderes, je nachdem die darin enthaltenen Flüssigkeiten sich in Ruhe oder in Bewegung befinden.

Man unterscheidet demgemäss bei ein und demselben Körper verschiedene Zustände; nämlich 1) den gewöhnlichen oder natürlichen Zustand,

2) den statisch-elektrischen, 3) den dynamisch-elektrischen und 4) den magnetischen Zustand.

Sind in einem Körper genau gleich grosse Quantitäten von positiver und negativer Flüssigkeit enthalten, und befinden sich ausserdem diese Fluida in völliger Ruhe, so werden sie sich gegenseitig durchdringen und eine gleichförmige Mischung bilden. In dieser Mischung werden die Eigenschaften der einen Flüssigkeit durch die entgegengesetzten der andern vollständig neutralisirt. Die anziehende Kraft z. B., mit welcher etwa der positive Bestandtheil der Mischung auf irgend ein äusseres Object einwirkt, wird vollständig compensirt werden durch die gleich grosse abstossende Kraft, welche auf das nämliche Object von dem negativen Bestandtheil ausgeübt wird. Kurz! Beide Flüssigkeiten zusammengenommen werden in diesem Fall gar keine Wirkung ausüben können; und der Körper wird sich also gerade ebenso verhalten, als ob in ihm gar Nichts von elektrischer Flüssigkeit vorhanden wäre. Man sagt in diesem Fall, der

Körper befinde sich in seinem *natürlichen* Zustande.

Es wird also der natürliche Zustand jederzeit dann in einem Körper vorhanden sein, wenn erstens von beiden Flüssigkeiten *gleiche Mengen* darin enthalten sind, und wenn zweitens beide Flüssigkeiten sich in *Ruhe* befinden.

Wird eine von diesen beiden Bedingungen aufgehoben, so hört der *natürliche* Zustand auf. An seine Stelle tritt dann entweder der *statisch*-elektrische, oder der *dynamisch*-elektrische Zustand.

Der *statisch*-elektrische Zustand ist dann vorhanden, wenn die Quantität der *einen* Flüssigkeit grösser ist, als die der *andern*; also dann vorhanden, wenn in dem Körper entweder ein Ueberschuss von *positiver* Flüssigkeit, oder auch ein Ueberschuss von *negativer* Flüssigkeit enthalten ist. Solches findet z. B. statt bei einer Metallkugel, sobald dieselbe in Berührung gebracht wird mit dem Conductor einer gewöhnlichen Elektrisir-Maschine.

Was andererseits den *dynamisch*-elektrischen

Zustand anbelangt, so tritt dieser dann ein, wenn man die beiden in dem Körper enthaltenen Flüssigkeiten durch irgend welche Mittel in Bewegung versetzt. In einem Metalldraht z. B., welcher die beiden Pole einer galvanischen Batterie mit einander verbindet, findet ein solcher Zustand statt. Denn das positive Fluidum in einem solchen Draht befindet sich in einer fortwährenden Strömung, und das negative Fluidum ist ebenfalls in fortwährender, und zwar in der entgegengesetzten Strömung begriffen.

Was endlich den magnetischen Zustand anbelangt, so ist dieser (nach der heut zu Tage herrschenden Theorie) nur als ein specieller Fall des dynamisch-elektrischen Zustandes anzusehen. In einem magnetischen Körper sind gleich grosse Mengen von positiver und negativer Flüssigkeit enthalten. Und diese Flüssigkeiten sind nicht in Ruhe, sondern befinden sich daselbst in fortwährender Bewegung.

Um von dieser Bewegung eine Vorstellung zu erhalten, wollen wir uns zuerst jedes Massentheilchen des Körpers von einer neutralen elektrischen Atmo-

sphäre, d. h. von einer Atmosphäre umgeben denken, welche aus gleich grossen Quantitäten positiver und negativer Flüssigkeit zusammengesetzt ist. Denken wir uns sodann den positiven Bestandtheil dieser Atmosphäre in Rotation begriffen, in Rotation um das Massentheilchen herum, und den negativen Bestandtheil ebenfalls, aber in der entgegengesetzten Rotation begriffen; und denken wir uns endlich die Achsen, um welche diese Rotationen bei den einzelnen Massentheilchen vor sich gehen, alle unter einander parallel; so haben wir ein ungefähres Bild von derjenigen Bewegung, durch welche der magnetische Zustand eines Körpers bedingt wird.

Wir sehen also, dass die Bewegung, welche diesem Zustande zu Grunde liegt, kein einheitliches Ganzes bildet, sondern zersplittert ist in eine grosse Anzahl von Einzelbewegungen. Besteht z. B. der Körper aus 1000 einzelnen Massentheilchen, so findet um jedes dieser Theilchen herum eine Rotationsbewegung der genannten Art statt; und auf dem gleichzeitigen Vorhandensein dieser 1000 Bewegungs-

Systeme beruht dann der magnetische Zustand des Körpers.

Die eigenthümlichen Wirkungen, welche zwei Körper, je nach ihren augenblicklichen elektrischen oder magnetischen Zuständen, auf einander ausüben, führt man nun zurück auf die in den Körpern enthaltenen elektrischen Flüssigkeiten, erklärt man nämlich durch die anziehenden und abstossenden Kräfte, denen jene Flüssigkeiten unterworfen sind.

Wenn wir es mit einer gewöhnlichen Flüssigkeit zu thun haben, so sprechen wir von den einzelnen Tropfen, aus welchen dieselbe besteht. Ebenso können wir auch die elektrische Flüssigkeit als zusammengesetzt betrachten aus einzelnen Tropfen, aus einzelnen Kügelchen, oder (wie man sich gewöhnlich ausdrückt) aus einzelnen sehr kleinen Theilchen.

Will man nun die eigenthümlichen Wirkungen, welche irgend zwei Körper, je nach ihren augenblicklichen elektrischen oder magnetischen Zuständen, auf einander ausüben, erklären; so muss man für das

Gesetz, nach welchem zwei solche Elektricitäts-Theilchen auf einander wirken, eine überaus complicirte Annahme machen, nämlich von der Vorstellung ausgehen, dass die Anziehungskraft, welche zwei solche Theilchen auf einander ausüben, durch ihre gegenseitige Entfernung noch nicht völlig bestimmt ist, sondern wesentlich abhängt von ihren augenblicklichen Bewegungszuständen. — Man muss nämlich annehmen,

> dass diese Anziehungskraft bei ein und derselben Entfernung von sehr verschiedener Stärke sein kann, je nachdem sich die Theilchen während des betrachteten Augenblicks in Ruhe oder in Bewegung befinden;

ferner annehmen,

> dass die Stärke jener Kraft eine sehr verschiedene ist, je nachdem beide Theilchen gleiche, oder entgegengesetzte, oder irgend welche andere Bewegungs-Richtungen besitzen;

endlich annehmen,

> dass die Stärke jener Kraft eine verschiedene ist, je nachdem beide Theilchen gleich schnell, oder mit verschiedener Schnelligkeit sich fortbewegen.

Betrachten wir z. B. einen möglichst einfachen Fall, denken wir uns zwei elektrische Theilchen, die um irgend eine Strecke von einander entfernt sind, und die sich beide auf ein und derselben geraden Linie fortbewegen. Beides mögen positive Theilchen sein.

Bewegen sich diese Theilchen beide in gleicher Richtung, und beide mit gleicher Schnelligkeit, so besteht ihre gegenseitige Einwirkung in einer abstossenden Kraft. (Und zwar ist die Stärke der abstossenden Kraft in diesem Fall genau ebenso gross, als dann, wenn sich beide Theilchen in Ruhe befinden.)

Bewegen sich hingegen die beiden Theilchen nach entgegengesetzten Richtungen, fliegen sie z. B. mit einer gewissen Geschwindigkeit auf einan-

der zu, so besteht ihre gegenseitige Einwirkung allerdings immer noch in einer abstossenden Kraft; die Stärke dieser Kraft ist jetzt aber geringer als vorhin. Und zwar wird sie kleiner und kleiner, je grösser die Geschwindigkeit ist, mit welcher die beiden Theilchen sich bewegen; sie wird endlich Null, sobald wir jene Geschwindigkeit in Gedanken einen gewissen sehr hohen Grad erreichen lassen, nämlich sobald dieselbe ungefähr 59000 Meilen in der Sekunde beträgt. Ist endlich jene Geschwindigkeit noch grösser, so schlägt die Abstossungskraft in ihr Gegentheil um, verwandelt sich nämlich in eine anziehende Kraft*).

Es würde eine ebenso mühsame als undankbare Aufgabe sein, wenn ich versuchen wollte, das Gesetz, nach welchem zwei elektrische Theilchen auf einander wirken, mit voller Schärfe, und für alle Fälle auseinanderzusetzen, welche bei der Bewegung der beiden Theilchen in Betracht kommen können.

Wie sehr verwickelt jenes Gesetz ist, wie

---

*) Vgl. Kohlrausch und Weber: Elektrodynamische Maasbestimmungen. Leipzig 1856, S. 264.

wenig anschaulich die Vorstellungen sind, welche von jenem Gesetz umfasst werden, — das wird aus dem Wenigen, was ich hier mitgetheilt habe, bereits hinlänglich klar geworden sein.

Wie dem aber auch immer sei, jedenfalls steht fest, dass sich aus diesem Gesetz alle Erscheinungen, welche die Körper in ihren verschiedenen elektrischen und magnetischen Zuständen zeigen, mit voller Genauigkeit herleiten lassen. Und wir können daher dem Scharfsinn, der zur Auffindung eines so umfassenden Gesetzes geführt hat, unsere Bewunderung nicht versagen, wie complicirt das Gesetz auch immer sein mag.

Man kann die Bewegung der Planeten um die Sonne herum auf künstliche Weise durch allerhand Triebwerke und Maschinerien nachahmen, wie wir das bei den sogenannten Planetarien zu sehen Gelegenheit haben. Die Natur selber bedient sich viel einfacherer Mittel zur Hervorbringung jener Bewegungen. Statt all jener Trieb- und Uhrwerke finden wir in der Natur als Ursache jener Bewegungen

nur zwei Dinge, nämlich erstens die Trägheit der Planeten, und zweitens die zwischen ihnen und der Sonne stattfindende Anziehungskraft.

Dem analog erscheint mir auch das in Rede stehende Gesetz, nach welchem zwei elektrische Theilchen auf einander einwirken sollen, gewissermassen nur ein künstlich ausgedachter Apparat zu sein, welcher die in der Natur stattfindenden Erscheinungen allerdings auf überraschend treue Weise nachahmt, welcher aber zu complicirt ist, als dass man glauben könnte, es seien diess wirklich diejenigen Mittel, deren sich die Natur zur Hervorbringung jener Erscheinungen bedient, — als dass man glauben könnte, es sollte nicht möglich sein, einfachere Vorstellungen zu finden, von denen aus jenes Gebiet von Erscheinungen seine Erklärung findet.

Diejenigen, welche den Naturwissenschaften ferne stehen, pflegen wohl zu glauben, Elektricität und Magnetismus wären Dinge, in welche man eine vollständig klare Einsicht habe, über welche man vollständig Herr wäre. Aus meiner Auseinandersetzung

wird hervorgehen, dass das keineswegs der Fall ist, wird hervorgehen, dass in diesem Gebiet von Erscheinungen selbst die Principien noch in Frage stehen.

Wir stehen hier bei einem Räthsel, dessen Lösung bisher vergeblich versucht ist. Vielleicht wird es der Zukunft gelingen, den Schleier zu lüften.

Möglich, dass es dazu nur eines glücklichen Gedankens bedarf. Aber es ist auch möglich, dass unsere Begriffe dazu noch nicht gehörig vorbereitet sind, dass nämlich das mathematische Element in unserem Verstande die dazu erforderliche Ausbildung noch nicht erlangt hat.

Bevor man sich mit der Geometrie des Raumes beschäftigt hatte, wäre es dem Mineralogen wohl kaum möglich gewesen, die einfachen Gesetze zu erkennen, welche in der Gestaltung der Krystalle sich darbieten.

Wären die alten Griechen bei ihren rein mathematischen Speculationen nicht auf die Erforschung der Kegelschnitte, der Ellipse, Hyperbel und Parabel

geführt worden, so würde es dem Astronomen Kepler unmöglich gewesen sein, zu entdecken, dass die Planeten sich in Ellipsen um die Sonne bewegen.

Wäre ferner durch Newton und Leibnitz nicht ein neuer Theil der mathematischen Wissenschaft (die sogenannte Differential- und Integral-Rechnung) ins Leben gerufen worden, so würde es wohl schwerlich gelungen sein, die Gesetze, von welchen die Bewegung der Himmelskörper beherrscht wird, zurückzuführen auf die Wirkung einer allgemeinen Anziehungskraft.

Aehnlich kann es sich vielleicht auch heutzutage mit der Theorie der Elektricität und des Magnetismus verhalten. — Es können möglicherweise uns diejenigen mathematischen Vorstellungen, diejenigen Vorstellungen über Raum und Zeit noch fehlen, welche nothwendig sind, um auf den wahren einfachen Grund jener Erscheinungen hinabzusteigen.



